

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. Juni 2005 (09.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/053125 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01S 5/183**,
H01L 33/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002624

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. November 2004 (25.11.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 55 357.6 25. November 2003 (25.11.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **TRANSMIT GESELLSCHAFT FÜR TECH-
NOLOGIETRANSFER MBH** [DE/DE]; Kerkrader
Strasse 3, 35394 Giessen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STOLZ, Wolfgang**
[DE/DE]; Am Knechtacker 19, 35041 Marburg (DE).
LUTGEN, Stephan [DE/DE]; Weissbräuhausgasse 2a,
93047 Regensburg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **TRANSMIT
GESELLSCHAFT FÜR TECHNOLOGIETRANS-
FER MBH**; Kerkrader Strasse 3, 35394 Giessen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: OPTICALLY PUMPED SEMICONDUCTOR DEVICES FOR GENERATING RADIATION, THE PRODUCTION
THEREOF AND METHOD FOR COMPENSATING STRAIN IN THE SERIES OF LAYERS INTEGRATED IN SAID DEVICES

(54) Bezeichnung: OPTISCHE GEPUMPTE HALBLEITERVORRICHTUNGEN ZUR ERZEUGUNG VON STRAHLUNG UND
DEREN HERSTELLUNG SOWIE VERFAHREN ZUR KOMPENSATION VON VERSPANNUNGGEN IN DEN DARIN EIN-
GESETZTEN SCHICHTFOLGEN

(57) Abstract: The invention relates to a novel method for producing strain-compensated semiconductor layers, in addition to the
use of said layers for producing strain-compensated semiconductor layer systems and an optically pumped semiconductor device for
generating radiation, preferably long-wave radiation.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein neues Verfahren zur Herstellung verspannungskompensierender Halbleiterschichten vorge-
schlagen, sowie dessen Verwendung zur Herstellung von verspannungskontrollierten Halbleiterschichtsystemen und zur Herstellung
von optisch gepumpten Halbleitervorrichtung zur Erzeugung von Strahlung, vorzugsweise langwelliger Strahlung.



WO 2005/053125 A1

5

10

Optisch gepumpte Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung und deren Herstellung sowie Verfahren zur Kompensation von Verspannungen in den darin eingesetzten Schichtfolgen

15

Die vorliegende Erfindung beschreibt die Herstellung und Realisierung von langwelligem MILOS-Scheibenlasern (MILOS=Monolithic Integrated Lateral Optical Pumped Semiconductor), extern optisch Barriere/Quantenfilm-gepumpten und elektrisch gepumpten Scheibenlasern mittels Epitaxie (MBE, MOMBE, GSMBE, MOVPE) sowie ein Verfahren zur Kompensation der Kompensation von Verspannungen der darin eingesetzten Schichten..

20

Stand der Technik

25

Die hier diskutierten optisch gepumpten Halbleiterlaserstrukturen bestehen im wesentlichen aus einer Einkoppelschicht, einem aktiven Bereich aus Quantenfilmen, die so angeordnet sind, dass sie einen optimalen Überlapp zu dem Lichtfeld des Pumplasers aufweisen, und einem epitaktischen ($\lambda/4$) Vielschichtspiegel (Distributed Bragg-Reflektor (DBR), der das emittierte Licht der Quantenfilme zurückspiegelt und somit in dem Laserresonator den hochreflektierenden Endspiegel darstellt.

30

Für die darin bekannterweise verwendeten Schichtstrukturen wird mit zunehmender Emissionswellenlänge und damit zunehmender Verspannung der Einbau verspannungskompensierender Schichten immer wichtiger. Diese kompressive Verspannung muß in den hier zur Diskussions stehenden Schichtfolgen, die zu einer effizienten Absorption des Pumplichtes im Bereich von z.B. 5 bis 25 oder mehr aktive Quantenfilmpaketen enthalten muß, durch zugverspannte Schichten kompensiert werden.

Für die Realisierung von langwelligen Scheibenlasern >1000nm werden für die Lichterzeugung kompressiv verspannte InGaAs-Quantenfilme mit In-Konzentrationen mit typ. >18% und Schichtdicken mit typ. <10nm benötigt. Diese können z.B. bei MOVPE-Wachstumstemperaturen von >600°C mit guter Qualität nur für Wellenlängen bis ca. 1000nm hergestellt werden, da oberhalb der kritischen Schichtdicke eine Relaxation der verspannten Einzelschichten einsetzt. Eine weitere Erhöhung der kritischen Schichtdicke kann durch eine geringere Energiezufuhr, d.h. z.B. durch eine niedrigere Wachstumstemperatur $T < 600^{\circ}\text{C}$ erzielt werden.

Nachteil im Stand der Technik

Die bislang in der MOVPE eingesetzten AsH₃- und PH₃-Gruppe-V-Gasquellen weisen bei dieser geringen Energiezufuhr, d.h. z.B. in Form einer Wachstumstemperatur von $T < 600^{\circ}\text{C}$ sehr schlechte Zerlegungseigenschaften auf.

Aufgrund der geringen Zerlegungseffizienz von AsH₃- und PH₃-Gruppe-V-Gasquellen in der MOVPE bei diesen niedrigen Temperaturen ist der Einsatz alternativer Quellen für As und P notwendig.

25

Aufgabe

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher ein Verfahren zur Kompensation von Verspannungen in den Schichtfolgen optisch gepumpter Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung, insbesondere langwelliger Strahlung unter Verwendung der oben benannten Epitaxie-Verfahren vorzusehen.

30

Mit den durch dieses Verfahren hergestellten Schichtfolgen können qualitativ hochwertigere optisch gepumpte Halbleitervorrichtungen und generell besser verspannungskontrollierte Halbleitermehrfachschichtstrukturen erzeugt werden.

5 Lösung der Aufgabe

Überraschenderweise wurde dazu gefunden, dass in Epitaxieverfahren bei geringer Energiezufuhr, z.B. bei MOVPE und bei geringen Temperaturen, d.h. von $T < 600^\circ\text{C}$ dann eine vorteilhafte Verspannungskompensation erreicht wird, wenn neben den bekannten N-Quellen (Hydrazine, wie 1,1-Dimethylhydrazin $((\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{NH}_2, \text{UDMH})$ oder auch Tertiärbutylhydrazin $(t\text{-C}_4\text{H}_9\text{HN}-\text{NH}_2)$) und bekannten Sb-Quellen unter Verwendung von TBAs- und/oder TBP-Quellen (Tertiärbutylarsin, d.h. $(t\text{-C}_4\text{H}_9\text{AsH}_2)$, bzw. Tertiärbutylphosphin $(t\text{-C}_4\text{H}_9\text{PH}_2, \text{TBP})$) oder entsprechenden Arsenalkyl- und Alkylphosphin-Verbindungen Schichten –innerhalb der in ihrer einzelnen oder gemeinsamen Spannung zu kompensierenden Schichten-, z.B. aus Ga(PAs) oder/und Ga(NAs) oder/und (GaIn)(NAs) bei der Epitaxie abgeschieden werden. Besonders vorteilhaft sind dabei derartige Schichten, welche zusätzlich als zugverspannte Schichten ausgeführt sind.

Neben InGaAs-Quantenfilmen können mit entsprechenden N-Quellen (Hydrazin) und Sb-Quellen InGaAsN, InGaAsSb, InGaAsNSb, GaAsN, AlAsN, GaAsSb, AlAsSb, GaAsP-Schichten als Quantenfilm- und Barrierenstrukturen auf GaAs hergestellt werden. Damit können insbesondere in der MOVPE folgende GaAs-basierende Wellenlängen für Scheibenlaser/ VECSEL zugänglich gemacht werden (VECSEL=Vertical External Cavity Surface Emitting Laser):

25

Quantenfilme: Wellenlängen:

InGaAs	<1000nm (Standardquellen)
InGaAs	<1100nm (TBAs, TBP)
30 InGaAsN	<1300nm/1500nm (TBAs, TBP)
InGaAsNSb	<2000nm (TBAs, TBP, Sb-Quellen)

Das Design je nach Wellenlänge ist insbesondere für effiziente Scheibenlaserstrukturen kritisch. Mit geeigneten Strukturen sind die zwei (fundamentalen) Wellenlängen 1050nm (frequenzverdoppelt grün) und 1260nm (frequenzverdoppelt rot) realisierbar.. Diese Wellenlängen eröffnen neben den bisher bekannten Wellenlängen u.a. den ganzen sichtbaren Wellenlängen durch resonatorinterne Frequenzverdopplung.

Bei der Epitaxie von Scheibenlasern bei 1050nm Emissionswellenlänge kann eine erhöhte In-Konzentration bei niedrigen Wachstumstemperaturen von $T < 600^{\circ}\text{C}$ mit den oben genannten TBAs-Quellen für die InGaAs-Quantenfilme zur Lichterzeugung und TBP-Quellen für die verspannungskompensierenden Barrierenschichten in der aktiven Schicht realisiert werden. Bei dieser Wellenlänge ist i.d.R. noch keine Verspannungskompensation der hochaluminiumhaltigen Schichten, die insbesondere in den Braggreflektoren zum Einsatz kommen, notwendig.

Insbesondere für Scheibenlaser bei längeren Wellenlängen ist dann i.d.R. auch eine Kompensation der Verspannung des Braggspiegels bei niedrigen Wachstumstemperaturen für die unterschiedlichen Materialien (typ. AlAs-, GaAs-, bzw. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -Schichten mit variierendem Al-Gehalt) mit Brechungsindexsprung vorteilhaft, da bereits während der Epitaxie diese Materialkombinationen unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten haben und zu einer Materialdegradation führen können.

Dazu gibt es verschiedene Verspannungskompensationskonzepte, bei der hier insbesondere in den hochaluminiumhalten AlGaAs/AlAs-Schichten durch geringe Konzentrationen von P die leicht kompressive Verspannung durch das Aluminium tensil kompensiert werden kann. Die Barrierenschichten müssen je nach optischer Absorptionswellenlänge und –konzept für einen effizienten Betrieb sehr kritisch untersucht werden. Als Absorptionsschicht kann neben GaAsP und AlGaAs-Schichten für Absorptionswellenlängen $< 900\text{nm}$ auch InGaAsN oder GaAsN mit Absorptionswellenlängen $> 900\text{nm}$ erfindungsgemäß hergestellt werden. Dabei ist je nach Materialkombination auf das ausreichende Ladungsträgerkonfinement in Leitungs- und Valenzband zu achten. Insbesondere für InGaAsN-Quantenfilme zur

Lichterzeugung ist ein ausreichendes Löcherkonfinement durch den Einsatz von GaAsP/AlGaAs-Schichten im Design für einen effizienten Laserbetrieb notwendig. Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für Scheibenlaser-Varianten für höhere Wellenlängen von großem Vorteil. Die Herstellung solcher Scheibenlaser sind aufgrund der Frequenzverdopplung und entsprechender Farbzuordnung insbesondere im Bereich von 1260 nm wirtschaftlich sehr relevant.

Für die Schichtstrukturen wird mit zunehmender Emissionswellenlänge und damit zunehmender Verspannung der Einbau verspannungskompensierender Schichten immer wichtiger. Diese kompressive Verspannung muß in den hier zur Diskussion stehenden Schichtfolgen, die zu einer effizienten Absorption des Pumplichtes im Bereich von z.B. 5 bis 25 oder mehr aktive Quantenfilmpaketen enthalten muß, durch zugverspannte Schichten kompensiert werden. Hierzu kann man im aktiven Bereich entweder zugverspanntes Ga(PAs) einsetzen, wenn man mit einer Pumpwellenlänge unterhalb von 900 nm anregen möchte, oder zugverspanntes Ga(NAs) bzw. zugverspanntes (GaIn)(NAs) einsetzen, wenn man mit längeren Pumpwellenlängen arbeiten möchten. Aufgrund des verbesserten Zerlegungsverhaltens lassen sich diese Schichtstrukturen kontrollierter, mit größerer lateraler Homogenität und präziser herstellen.

Ein einzelnes Quantenwellpaket kann dabei aus einem aber auch aus zwei Quantenfilmen bestehen.

Je größer die Emissionswellenlänge wird desto größer müssen auch die Schichtdicken der DBR-Struktur (Schichtaufbau aus $\lambda/4$ -Schichten) werden. Darüberhinaus wird der Unterschied des Brechungsindizes zwischen z.B. AlAs und GaAs mit zunehmender Wellenlänge kleiner, dies bedeutet, daß zur Erzielung eines gleich hohen Reflektionsgrades eine höhere Anzahl von DBR-Schichtpaaren abgeschieden werden muß. Da mit zunehmender Schichtdicke und Anzahl der der DBR-Paare auch für diese Struktur die integrale elastische Verspannung zunimmt, muß man auch für den DBR-Teil des Lasers eine Verspannungskompensation einbauen. Um die kompressive Verspannung des (AlGa)As-Teils zu kompensieren kann man einmal durch Zugabe von P- in diese Schicht die Verspannung abbauen (DBR-Aufbau $(\text{Al}(\text{große Konz.})\text{Ga})(\text{PAs})/(\text{Al}(\text{klein Konz.})\text{Ga})\text{As}$). Zum anderen

- kann man auch die kompressive Verspannung des Al(groß)Ga)As durch zugverspanntes Ga(PAs) oder auch zugverspanntes (Al(klein)Ga)(PAs) kompensieren. Die erfindungsgemäßen optisch gepumpten Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung weisen daher zur Verspannungskompensation entsprechende
- 5 zug- oder/und kompressions-verspannte Halbleiterschichten auf, welche vorzugsweise durch die Verwendung der oben genannten TBAs oder/und TBP-Quellen in den ansonsten bekannten Expitaxie- insbesondere MOVEPE-Verfahren erzeugt wurden.

Ansprüche

1. Halbleiter-Schichtfolge, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtfolge eine oder mehrere durch Verwendung von TBAs- und/oder TBP-Quellen in an sich bekannten Expitaxieverfahren erzeugte Schichten aufweisen.
2. Schichtfolge nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Schicht als verspannungskompensierende Schicht für die umgebende oder umgebenden Schichten der Halbleitervorrichtung ausgeführt ist.
3. Schichtfolge nach Anspruch 1 – 2, dadurch gekennzeichnet, dass die eine oder mehreren Schichten im aktiven Bereich der Vorrichtung angeordnet ist.
4. Schichtfolge nach Anspruch 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Schichten im Bereich der als Reflektor oder Ein- oder Vielschichtspiegel aufgeführten Halbleiterschichten angeordnet ist.
5. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleitervorrichtung eine oder mehrere der Schichtfolgen gemäß den Ansprüchen 1 – 4 aufweist.
6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens ein Quantenwellpaket aufweist, welches ein oder/und zwei Quantenfilme aufweist.
7. Verfahren zur Herstellung von Halbleiterschichtstrukturen, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung einer Verspannungskontrolle einzelner oder mehrerer Schichten in den an sich bekannten Verfahren der Epitaxie TBAs-Quellen oder/und TBP-Quelle, vorzugsweise (Tertiärbutylarsin, d.h. (t-C₄H₉AsH₂), bzw. Tertiärbutylphosphin (t-C₄H₉PH₂, TBP)) oder entsprechenden Arsenalkyl- und Alkylphosphin-Verbindungen aufweisende Quellen verwendet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass MOVEPE oder andere Tieftemperaturgasphasenexpitaxieverfahren bei einer Temperatur von gleich oder kleiner 600°C verwendet werden.

5 9. Verwendung von TBAs-Quellen oder/und TBP-Quelle, vorzugsweise (Tertiärbutylarsin, d.h. (t-C₄H₉AsH₂), bzw. Tertiärbutylphosphin (t-C₄H₉PH₂, TBP)) oder entsprechenden Arsenalkyl- und Alkylphosphin-Verbindungen in Expitaxieverfahren zur Herstellung von spannungskompensierenden Halbleiterschichten.

10

10. Verwendung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass kompressionsverspannte Halbleiterschichten in ihrer Verspannung kompensiert werden.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01S5/183 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01S H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ELLMERS C ET AL: "GaAs-based VCSEL-structures with strain-compensated (GaIn)As/Ga(PAs)-MQWH active regions grown by using TBAs and TBP - Theory and Practice" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 195, no. 1-4, 15 December 1998 (1998-12-15), pages 630-636, XP004154328 ISSN: 0022-0248 page 631 abstract paragraph '3.1.1!; figure 2 ----- -/--	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 March 2005

Date of mailing of the international search report

21/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gnugesser, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002624

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>ELLMERS C ET AL: "Optically pumped (GaIn)As/Ga(PAs) vertical-cavity surface-emitting lasers with optimized dynamics"</p> <p>APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 74, no. 10, 8 March 1999 (1999-03-08), pages 1367-1369, XP012022140</p> <p>ISSN: 0003-6951</p> <p>the whole document</p>	1-10
X	<p>OKUNO YAE L ET AL: "1.3 μm wavelength vertical cavity surface emitting laser fabricated by orientation-mismatched wafer bonding: A prospect for polarization control"</p> <p>APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 82, no. 15, 14 April 2003 (2003-04-14), pages 2377-2379, XP012033735</p> <p>ISSN: 0003-6951</p> <p>page 2377, right-hand column; figure 1</p>	1,3,5,6
X	<p>AE S ET AL: "LOW THRESHOLD LAMBDA = 1.3 μm MULTI-QUANTUM WELL LASER DIODES GROWN BY METALORGANIC VAPOR PHASE EPITAXY USING TERTIARYBUTYLARSINE AND TERTIARYBUTYLPHOSPHINE PRECURSORS"</p> <p>JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 145, no. 1/4, 2 December 1994 (1994-12-02), pages 852-857, XP000511795</p> <p>ISSN: 0022-0248</p> <p>the whole document</p>	1
X	<p>KIM I ET AL: "Composition control of InGaAsP in metalorganic chemical vapor deposition using tertiarybutylphosphine and tertiarybutylarsine"</p> <p>JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 193, no. 3, 1 October 1998 (1998-10-01), pages 293-299, XP004144972</p> <p>ISSN: 0022-0248</p> <p>the whole document</p>	1

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/002624

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>OUGAZZADEN A ET AL: "High performance strained MQW lasers at 1.3 μm by MOVPE using arsine generator system" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 30, no. 20, 29 September 1994 (1994-09-29), pages 1681-1682, XP006001121 ISSN: 0013-5194 the whole document</p>	1-3,5-7, 9,10
A	<p>HOU H Q ET AL: "HIGH-PERFORMANCE 1.06-μM SELECTIVELY OXIDIZED VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASERS WITH INGAAS-GAASP STRAIN-COMPENSATED QUANTUM WELLS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 9, no. 8, August 1997 (1997-08), pages 1057-1059, XP000699797 ISSN: 1041-1135 the whole document</p>	1,5,7,9

INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002624

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01S5/183 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01S H01L

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>ELLMERS C ET AL: "GaAs-based VCSEL-structures with strain-compensated (GaIn)As/Ga(PAs)-MQWH active regions grown by using TBAs and TBP - Theory and Practice"</p> <p>JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 195, Nr. 1-4, 15. Dezember 1998 (1998-12-15), Seiten 630-636, XP004154328</p> <p>ISSN: 0022-0248</p> <p>Seite 631</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>Absatz '3.1.1!; Abbildung 2</p> <p style="text-align: center;">----- -/-</p>	1-10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☐ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Researchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. März 2005

Absenddatum des internationalen Researchenberichts

21/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Researchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gnugesser, H

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>ELLMERS C ET AL: "Optically pumped (GaIn)As/Ga(PAs) vertical-cavity surface-emitting lasers with optimized dynamics"</p> <p>APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 74, Nr. 10, 8. März 1999 (1999-03-08), Seiten 1367-1369, XP012022140 ISSN: 0003-6951 das ganze Dokument</p>	1-10
X	<p>OKUNO YAE L ET AL: "1.3 μm wavelength vertical cavity surface emitting laser fabricated by orientation-mismatched wafer bonding: A prospect for polarization control"</p> <p>APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 82, Nr. 15, 14. April 2003 (2003-04-14), Seiten 2377-2379, XP012033735 ISSN: 0003-6951 Seite 2377, rechte Spalte; Abbildung 1</p>	1,3,5,6
X	<p>AE S ET AL: "LOW THRESHOLD LAMBDA = 1.3 μm MULTI-QUANTUM WELL LASER DIODES GROWN BY METALORGANIC VAPOR PHASE EPITAXY USING TERTIARYBUTYLARSINE AND TERTIARYBUTYLPHOSPHINE PRECURSORS"</p> <p>JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 145, Nr. 1/4, 2. Dezember 1994 (1994-12-02), Seiten 852-857, XP000511795 ISSN: 0022-0248 das ganze Dokument</p>	1
X	<p>KIM I ET AL: "Composition control of InGaAsP in metalorganic chemical vapor deposition using tertiarybutylphosphine and tertiarybutylarsine"</p> <p>JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 193, Nr. 3, 1. Oktober 1998 (1998-10-01), Seiten 293-299, XP004144972 ISSN: 0022-0248 das ganze Dokument</p>	1

-/--

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002624

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>OUGAZZADEN A ET AL: "High performance strained MQW lasers at 1.3 μm by MOVPE using arsine generator system"</p> <p>ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 30, Nr. 20, 29. September 1994 (1994-09-29), Seiten 1681-1682, XP006001121</p> <p>ISSN: 0013-5194</p> <p>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-3,5-7, 9,10
A	<p>HOU H Q ET AL: "HIGH-PERFORMANCE 1.06-μM SELECTIVELY OXIDIZED VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASERS WITH INGAAS-GAASP STRAIN-COMPENSATED QUANTUM WELLS"</p> <p>IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 9, Nr. 8, August 1997 (1997-08), Seiten 1057-1059, XP000699797</p> <p>ISSN: 1041-1135</p> <p>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1,5,7,9